

## Effets de la cyanamide d'hydrogène sur la levée de dormance de la variété de pommier "Golden delicious" dans la région de Meknès au Maroc

Ahmed MAHHOU<sup>1a</sup> & Afif EL PHIL<sup>1</sup>

(Reçu le 06/03/2000 ; Accepté le 18/10/2000)

### مفعول "سيناميد الهيدروجين" على إزالة الغفوة عند صنف التفاح "گولدن دليسيوس" في منطقة مكناس

يعتبر نقصان البرودة الشتوية حاجزا لانتشار زراعة التفاح في السهول المغربية. قمنا في هذه الدراسة بتقييم مفعول "سيناميد الهيدروجين" على إزالة الغفوة عند "گولدن دليسيوس" في منطقة مكناس. وقد استعملنا 2,5 و 5% من المادة المعبأة بتاريخ 01 و 29 فبراير 1996. قدم المركب الكميوي موعد وحسن مستوى تفتح البراعم النباتية والإزهارية. كما كان للمادة كذلك مفعول إيجابي على النمو النباتي وحجم الفواكه فيما كان مفعولها سلبيا على عقد وعدد الفواكه.

**الكلمات المفتاحية :** تفتح البراعم - إزهار - عقد - إنتاج - سيناميد الهيدروجين

### Effets de la cyanamide d'hydrogène sur la levée de dormance de la variété de pommier "Golden Delicious" dans la région de Meknès au Maroc

L'insuffisance en froid hivernal dans les zones de plaine au Maroc constitue un handicap pour le développement de la culture du pommier. Dans cette étude, les effets de la cyanamide d'hydrogène sur le débourrement de "Golden Delicious" dans la région de Meknès ont été évalués. Le produit a été appliqué à 2,5 et 5% au 1<sup>er</sup> et 29 février 1996. Le traitement a avancé, homogénéisé et amélioré les taux de débourrement et de floraison. La croissance végétative et le calibre des fruits ont été également améliorés. Cependant, le taux de nouaison a été réduit sans pour autant que le rendement soit affecté en raison de l'effet bénéfique de la cyanamide sur le calibre du fruit.

**Mots clés :** Besoin en froid - Cyanamide - Débourrement - Floraison - Nouaison - Production

### Effects of hydrogen cyanamide on bud break of "Golden Delicious" apple in Meknes area

The development of apple culture in Moroccan valleys with mild winters is limited by the lack of chilling. In this study the effects of hydrogen Cyanamid on bud break of "Golden delicious" apple were evaluated in Meknes area. The compound was applied at 2.5 and 5% on the first and 29th of February 1996. The chemical advanced, homogenized and improved bud break and flowering rates. Vegetative growth and fruit size were also improved. However, cyanamid reduced fruit set but not yield because of its beneficial effect on fruit size.

**Key words:** Chilling requirement - Bud break - Cyanamid - Flowering - Fruit set - Production - Fruit size

<sup>1</sup> Département d'Horticulture, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202-Instituts, Rabat, Maroc

<sup>a</sup> Auteur correspondant, e-courrier : a.mahhou@iav.ac.ma

## INTRODUCTION

La performance de la culture de pommier dans les plaines marocaines, caractérisées par un hiver doux, est souvent compromise par un manque en froid hivernal. En effet, les conditions climatiques ne répondent pas aux exigences agrothermiques de l'espèce. Cette culture a été effectuée par une transposition de modèle de la culture, sans respecter le type de fructification et les réactions physiologiques que pose le pommier cultivé. Il en est un qui revêt une importance particulière : le repos végétatif annuel. Celui-ci coïncide avec l'automne et l'hiver. Durant cette période, la plante ne manifeste aucune activité apparente. La durée de cette dormance est influencée par les conditions climatiques du milieu.

Dans les conditions climatiques marocaines en zones de plaines où règne un hiver doux, les besoins en froid des cultivars standards du pommier sont loin d'être satisfaits (Ben Ismail, 1981; El Moatamid, 1983 ; Taoura, 1986 ; Hakam, 1989). Les troubles provoqués par les hivers doux sur certaines variétés fruitières sont connus. La dormance prolongée est un problème rencontré dans toutes les régions où les hivers doux ne permettent pas la satisfaction des besoins en froid des différentes espèces et variétés. L'intensité des troubles de la dormance prolongée est d'autant plus grande que le manque en froid est important et que la variété est sensible à ce problème. Un manque en froid provoque un désordre physiologique de la croissance végétative et de la fructification. Cette insuffisance se manifeste par un affaiblissement générale de l'arbre, un retard de débourrement, un étalement de la floraison et un faible rendement en fruits qui sont de qualité médiocre (Mahhou & Hakam, 1993).

Les effets du manque en froid sur pommier se manifestent selon Jose Luiz (1989) par :

- un débourrement faible et un retard de débourrement des bourgeons latéraux ;
- un débourrement anticipé des bourgeons terminaux ;
- une inhibition du débourrement des bourgeons latéraux (effet de dominance apicale) ;
- un défaut de couverture foliaire ;
- une forte consommation de réserve au début de la croissance ;
- un développement terminal vigoureux et long (nécessité d'une taille plus sévère) ;
- une formation d'un nombre peu élevé de lambourdes ;

- un retard de l'initiation de la fructification ;
- des fruits petits ;
- un rendement faible ;
- un développement végétatif exubérant ;
- une demande en froid élevée des branches vigoureuses.

À travers plusieurs pays, des travaux ont été réalisés pour mettre au point des techniques permettant d'atténuer le prolongement de la dormance. Ces travaux concernent l'obtention de variétés à faibles besoins en froid et l'application de techniques culturales ou de produits chimiques susceptibles de stimuler la levée de dormance.

La création de variétés à faibles besoins en froid a été la première voie utilisée dans ce domaine. Certaines techniques culturales, notamment la taille, semblent influencer indirectement la satisfaction des besoins en froid de certains cultivars. Leurs effets dépendent de l'intensité de la dormance (Walker & Seeley, 1973). La période de taille des arbres influence la durée de la dormance et de floraison. En effet, Chandler & Brown (1951) ont rapporté qu'une taille sévère en été retarde la floraison, alors qu'une taille des arbres ayant déjà reçu un mois ou plus de froid réduit la durée de la dormance et avance la floraison.

Par ailleurs, les substances chimiques se sont révélées avoir un intérêt pratique pour atténuer le manque en froid hivernal dans plusieurs pays à hiver doux dont le Maroc. Dès le début de ce siècle, un grand nombre de produits chimiques de nature très différente ont été testés pour leur influence sur la levée de dormance des arbres fruitiers. Généralement, les facteurs dose et date sont très importants pour l'efficacité du traitement chimique. Les risques de phytotoxicité sont à craindre surtout sur les organes floraux. Les espèces à noyau sont beaucoup plus sensibles que les espèces à pépins dont le bourgeon floral est très protégé (Erez, 1987).

Le DNOC ( dinitro-ortho-crésol), le nitrate de potassium ( $\text{KNO}_3$ ), la thiourée, la benzyladénine (BA), la cyanamide d'hydrogène, les cytokinines, l'éthrel, les gibbérélines sont tous des produits de traitements pour la levée de dormance quand le froid est insuffisant (Erez & Lavee, 1971). Les traitements des arbres fruitiers par des émulsions d'huiles minérales dans les régions à hivers doux ont été le plus longtemps utilisés pour lever le repos végétatif. L'émulsion de DNOC avec l'huile

de pétrole est le principal produit de traitement pour la levée artificielle de la dormance des arbres fruitiers à feuilles caduques. L'efficacité de ce traitement apparaît plus grande pour les bourgeons à bois que pour les bourgeons à fleurs (Mahhou *et al.*, 1990 ; Mahhou & Hakam, 1995).

L'époque des pulvérisations d'huile + DNOC sur les arbres est très importante (Diaz *et al.*, 1987). En effet, les traitements précoces entraînent un effet forçant permettant à l'arbre d'avoir une feuillaison et une floraison plus tôt que l'arbre témoin sans éliminer l'irrégularité dans le débourrement des bourgeons, alors que les traitements tardifs ont un effet normalisant permettant de regrouper et d'augmenter le nombre de bourgeons qui s'ouvrent.

L'utilisation des concentrations élevées d'huile (2,4 à 8,8 %) et faible pour le DNOC (0,12 %) permet d'obtenir un meilleur taux d'ouverture des bourgeons végétatifs latéraux chez "Golden Delicious" (Erez & Zur, 1981).

La pulvérisation du DNOC plus huile de pétrole sur "Golden Delicious" dans la région du Saïss a entraîné (Mahhou *et al.*, 1990) :

- une augmentation de débourrement ;
- un meilleur groupement entre la floraison et la feuillaison ;
- une bonne vigueur des rameaux ;
- une amélioration de la qualité des fruits.

Dans la région du Gharb, l'utilisation du mélange DNOC à 0,15% et huile de pétrole à 3% ou 5% a amélioré les taux et a avancé les dates de débourrement et de floraison chez "Golden Delicious". Les taux de nouaison, le calibre, le poids moyen des fruits et le rendement ont été également tous améliorés (Mahhou & Hakam, 1995).

La cyanamide de calcium ( $\text{CaCN}_2$ ) est utilisée depuis plusieurs années, comme agent de levée de dormance au Japon, Brésil et Israël (Kuori *et al.*, 1963). L'acide cyanamique s'est avéré spécialement efficace sur la vigne de cuve en Israël en augmentant le taux de débourrement (Shulman *et al.*, 1983).

La cyanamide d'hydrogène à des concentrations de 1 à 5% a accéléré et augmenté le pourcentage de débourrement de pommier, du pêcher, de l'abricotier et de la vigne (Williams & Taxtzo, 1990 ; George *et al.*, 1992 ; Finetto, 1993). Par

ailleurs, la cyanamide améliore la qualité des fruits, augmente la production et avance la date de maturité chez le framboisier (Snir, 1983). L'action de la cyanamide semble dépendre de la quantité de froid reçue par les arbres avant le traitement (Snir & Erez, 1988).

Mahhou & Hakam (1993) ont testé la cyanamide d'hydrogène à 2%, 4% et 8% sur la variété de pommier "Golden Delicious" dans la région du Gharb, à 48 et 33 jours avant le débourrement naturel des bourgeons. Le débourrement final était plus marqué pour la deuxième date d'application. Aucune différence apparente n'est visible entre les trois doses appliquées.

Une homogénéité du débourrement des bourgeons végétatifs a été observée entre les doses d'une même date d'application. L'application de la cyanamide d'hydrogène a avancé, homogénéisé et amélioré le débourrement de "Golden Delicious". La floraison a été également avancée. Cependant, la nouaison et, par conséquent, le nombre de fruits par arbre ont été inférieurs à ceux du témoin.

L'objectif de cette étude est l'évaluation des effets de la cyanamide d'hydrogène sur le débourrement, la nouaison et la production de la variété de pommier "Golden Delicious" dans la région de Meknès caractérisée par un hiver doux.

## MATÉRIEL & MÉTHODES

### 1. Caractéristiques de l'essai

#### 1.1. Lieu de l'essai

L'expérimentation a été menée, durant la campagne 1995/96, dans l'unité de production UP 5105 de la Société de Développement Agricole (SODEA) sise à Boufekrane à une trentaine de kilomètres de Meknès au Maroc. Le sol de la parcelle étudiée est "argilo-calcaire" moyennement profond avec un pH légèrement alcalin.

#### 1.2. Matériel végétal

La variété de pommier utilisée est "Golden Delicious" qui se caractérise par des possibilités d'adaptation très étendues à des milieux climatiques divers. L'arbre est de vigueur moyenne, à port semi-érigé. Il se ramifie abondamment en prenant un port buissonnant. Les principales qualités qui ont fait le succès de "Golden Delicious" sont maintenant bien connues

et peuvent se résumer comme suit :

- facilité de conduite de l'arbre aussi bien en forme libre que palissée ;
- mise à fruit rapide ;
- fruit de bonne qualité se conservant bien en chambre froide ;
- bon accueil du consommateur.

En face de ces qualités, les défauts de ce cultivar sont également bien définis :

- sensibilité moyenne de l'arbre à l'oïdium et à la tavelure ;
- sensibilité au gel de printemps car la période de sensibilité des organes floraux peut coïncider avec une époque de froid ;
- grande sensibilité aux viroses ;
- sensibilité à l'asphyxie, à la carence en magnésium qui provoque la chute prématurée des feuilles ;
- fragilité relative du fruit aux manipulations et au transport ;
- sensibilité des fruits à la rugosité.

La variété est greffée sur MM 106 et plantée en 1977 à 5 x 2 m, soit une densité de 1000 arbres à l'hectare. Les lignes sont orientées Nord-Sud et les arbres conduits en gobelet libre. Les variétés pollinisatrices "Top Red", "Granny Smith" et "Ozark Gold" sont associées à la variété de fond.

### 1.3. Produit utilisé

Dormex<sup>®</sup> est un régulateur de croissance pour les vignes et les arbres fruitiers, développé par SKW trasterg AG, 8223 Trastberg, Allemagne. Ce produit contient la cyanamide d'hydrogène à 49 % en solution aqueuse.

L'irrigation, par microjet, a été réalisée pendant la campagne (1995/1996) entre le 15 mai (stade nouaison) et fin septembre. Elle est déclenchée toutes les 48 heures à un débit de 0,6 l/s pendant deux heures 50 mn soit 60 m<sup>3</sup>/ha.

La fertilisation pratiquée est constituée d'un :

- engrais de fond de 4,5 quintaux de 0-16-30 soit 72 U de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 135 U de K<sub>2</sub>O apportées le 15 décembre ;
- engrais de couverture de 3 quintaux de sulfate d'ammoniac (21%), soit 63 U d'N apportées en fin avril et d'un quintal d'ammonitrate (33%), soit 33 U d'N apportées en fin mai.

La taille a été réalisée le 18 janvier 1996 soit 12 jours avant le premier traitement à la cyanamide.

## 2. Étude des besoins en froid

Le calcul des besoins thermiques accumulés, pour la levée de dormance et pour favoriser l'évolution ultérieure des bourgeons, a été effectué par deux méthodes d'évaluation.

### 2.1. Équation d'Aron

Elle consiste à calculer le nombre d'heures de températures inférieures à 45°F par la formule :

$$801 + 0,2523 B + 7,57 B^2 \times 10^{-4} - 6,51 B^4 \times 10^{-10} - 11,44 T_1 - 3,32 T_2$$

$T_1$  : température minimale moyenne mensuelle (°F)

$T_2$  : température maximale moyenne mensuelle (°F)

$$B = \left( \frac{45 - T_1}{T_2 - T_1} \right) \times HD$$

$H = 24$  (h/jour)

$D$  = période en jour (généralement 1 mois)

### 2.2. Méthode de sommation des heures de températures inférieures à 7,2°C

En utilisant les mêmes données de température, on a calculé la quantité de froid accumulée, pour chaque année, à partir du 1<sup>er</sup> octobre jusqu'à fin avril. La formule d'estimation du nombre (n) journalier d'heures de froid utilisé est :

$$n = \left( \frac{7,2 - m}{M - m} \right) \times 24 \times 30$$

$m$  : température minimale moyenne mensuelle (°C)

$M$  : température maximale moyenne mensuelle (°C)

## 3. Étude de la levée de dormance

### 3.1. Dispositif expérimental

Le dispositif adopté pour H<sub>2</sub>CN<sub>2</sub> est un bloc aléatoire complet composé de 4 blocs (ou répétitions), de deux dates (1<sup>er</sup> et 29 février 1996) et de trois doses 0 (témoin), 2,5% et 5 % de produit formulé. Ainsi, le nombre d'arbres utilisés pour les traitements à H<sub>2</sub>CN<sub>2</sub> est de 24, l'arbre étant pris comme unité expérimentale.

Tous les traitements ont été appliqués à l'aide d'un pulvérisateur à dos de 20 l. La pulvérisation est réalisée de façon à mouiller uniformément le bois. Chaque arbre a reçu 4 l de solution.

### 3.2. Observations et mensurations

#### 3.2.1. Débourrement et floraison

Dans le but d'étudier l'effet des produits chimiques sur le comportement des rameaux selon l'âge, quatre rameaux d'un an et quatre rameaux de 2 ans par arbre ont été marqués par des fils de laine de différentes couleurs selon les quatre directions, à hauteur d'homme, pour tenir compte de l'effet d'exposition.

Pour contrôler le débourrement, un comptage de tous les bourgeons existant sur les rameaux repérés a été effectué. Le comptage des bourgeons débourrés est hebdomadaire. Les stades repères choisis sont le stade «C» de Fleckinger pour les bourgeons à fleurs (BF) et le stade début d'étalement des feuilles pour les bourgeons à bois (BV). Quant à la floraison, tout bourgeon floral ayant atteint le stade F<sub>2</sub> de Fleckinger est considéré comme fleuri.

Les taux de débourrement et de floraison sont calculés comme suit :

$$\text{Taux de débourrement (\%)} = \left( \frac{\text{nombre de bourgeons débourrés}}{\text{nombre total de bourgeons}} \right) \times 100$$

$$\text{Taux de floraison (\%)} = \left( \frac{\text{nombre de bourgeons fleuris}}{\text{nombre total de bourgeons floraux}} \right) \times 100$$

#### 3.2.2. Croissance végétative

Pour suivre la croissance végétative des différents traitements, des pousses terminales ont été marquées autour de l'arbre à hauteur d'homme.

Les mesures de la longueur ont été réalisées une fois tous les 15 jours jusqu'à la fin de juillet. La vitesse (V) de croissance des pousses a été calculée selon la formule :

$$V = \frac{\text{Accroissement de la longueur}}{\text{Accroissement de temps}} = \frac{(L_2 - L_1)}{(T_2 - T_1)}$$

#### 3.2.3. Nouaison

Le nombre de fleurs nouées a été compté en prenant comme repère le stade I de Fleckinger. Le taux de nouaison est égal à 100 fois le nombre de fleurs nouées divisé par le nombre total de fleurs.

#### 3.2.4. Production

À la récolte, le nombre de fruits par arbre et leurs poids ont été déterminés.

#### 3.2.5. Analyse statistique des données

Les paramètres mesurés ont été transformés en pourcentage et en proportion. Les paramètres sous forme de proportion ont été analysés après leur transformation angulaire ( $\arcsin(x)^{1/2}$ ) en vue de stabiliser les variances. Les données ont été soumises à une analyse de la variance réalisée au moyen du logiciel STATITCF et selon un dispositif statistique en bloc aléatoire complet avec deux facteurs date et dose. La séparation des moyennes a été réalisée à l'aide du test de Newman-Keuls.

### RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 1. Étude des unités de froid accumulées

Deux méthodes ont été choisies pour calculer les températures basses dans les conditions d'expérimentation sur la base de 15 campagnes.

##### 1.1. Équation d'Aron

Le nombre d'heures de froid inférieures à 45°F (7,2°C) obtenu par l'application de cette équation (Figures 1 & 2) est très faible par rapport au besoin de la variété "Golden Delicious" qui est de l'ordre de 1000 heures (Childers, 1976). La campagne 77/78 a enregistré le nombre d'heures de froid le plus faible (278 h), alors que la campagne 71/72 a atteint un nombre d'heures de froid le plus élevé (732 h).

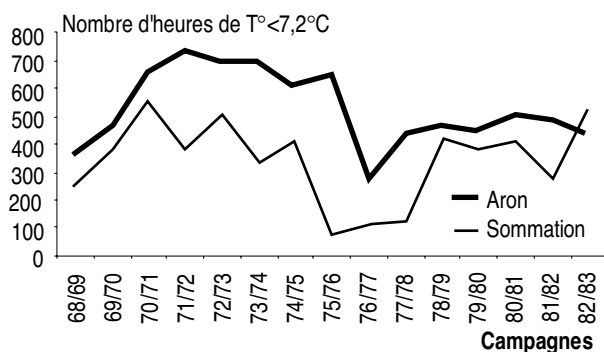
Le mois de décembre et de janvier ont fourni pratiquement la même quantité de froid moyenne alors que le mois de novembre a donné la quantité de froid moyenne la plus faible pour toutes les campagnes (25 h) ce qui est une indication sur la chaleur qui règne encore en automne dans les plaines marocaines. La quantité de froid moyenne fournie par le climat de la région est de 535 heures marquant un déficit de 46,5% par rapport au besoin de 1000 heures de froid.

##### 1.2. Sommation des heures de températures inférieures à 7,2°C (45°F)

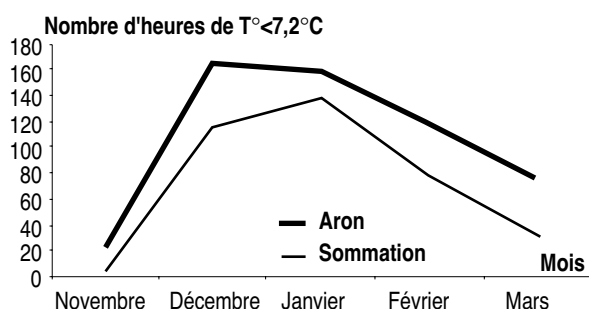
La somme d'heures de températures inférieures à 7,2°C, accumulées depuis novembre jusqu'à mars, est relativement faible et variable d'une année à l'autre (Figures 1 & 2).

Le nombre d'heures de froid calculé par cette méthode est plus faible que celui déterminé par

l'équation d'Aron. Les nombres d'heures de froid les plus élevés ont été atteints durant la campagne 70/71 (556 h) et la campagne 82/83 (528 h). Cependant, ces quantités de froid restent en deçà des besoins de "Golden Delicious" laissant un déficit de l'ordre de 44% (70/71) et 46% (82/83).



**Figure 1. Nombre d'heures de températures inférieures à 7,2°C dans la région de Meknès au Maroc calculé selon l'équation d'Aron et la méthode de sommation sur une période de 15 campagnes**



**Figure 2. Nombre d'heures de températures inférieures à 7,2°C dans la région de Meknès au Maroc calculé selon l'équation d'Aron et la méthode de sommation**

Les variétés standard de pommier comme "Golden Delicious" ont des besoins en froid de l'ordre de 1000 heures (Childers, 1976). Les deux méthodes utilisées ont confirmé l'insuffisance en froid dans la région de Meknès. L'équation d'Aron a donné des nombres d'heures de froid plus élevés que ceux calculés par la méthode de sommation des heures de températures inférieures à 7,2°C. Des calculs similaires effectués dans la région du Gharb par Hakam (1989) sur une période de dix ans ont donné une accumulation moyenne de 360 heures de froid avec un écart type de 298 heures de froid pour la première méthode et une accumulation de 255 heures de froid avec un écart type de 254 heures

pour la deuxième méthode. Ben Ismaïl (1981) en utilisant la méthode de sommation des heures de froid ( $<7,2^{\circ}\text{C}$ ) pour 7 campagnes a trouvé la quantité moyenne de 500 heures de froid dans la région du Gharb avec un écart type de 356 heures. De même Taoura (1986) a trouvé, dans le Saïss, une quantité moyenne de 765 heures avec un écart type de 165 heures sur 7 campagnes.

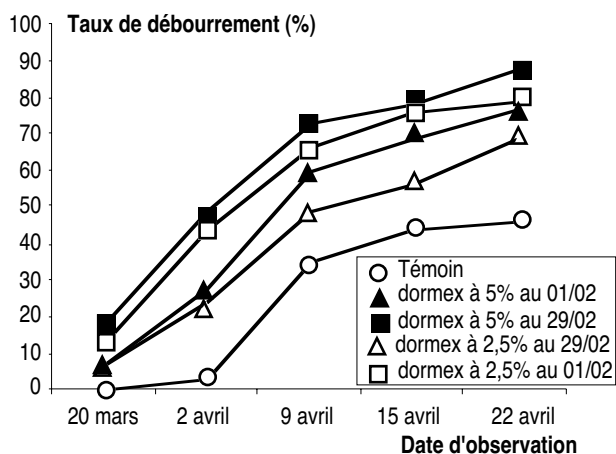
Il semble que les besoins en froid de la variété "Golden Delicious" sont loin d'être satisfaits sous les conditions climatiques de plaines. De ce fait, il est nécessaire de faire appel à des mesures qui permettent d'atténuer le manque en froid dont l'utilisation des produits chimiques.

## 2. Effets de la cyanamide d'hydrogène

### 2.1. Débourrement

#### 2.1.1. Débourrement total (bourgeons végétatifs et floraux)

Les taux de débourrement des bourgeons végétatifs et floraux sont illustrés par la figure 3.



**Figure 3. Effets de la cyanamide d'hydrogène sur le débourrement des bourgeons totaux de la variété du pommier "Golden Delicious" dans les conditions climatiques de Meknès**

Tous les traitements à la cyanamide d'hydrogène ont avancé la date du débourrement et ont amélioré son taux de manière significative par rapport au témoin. Les traitements tardifs ont un meilleur effet sur l'évolution du taux de débourrement des bourgeons totaux.

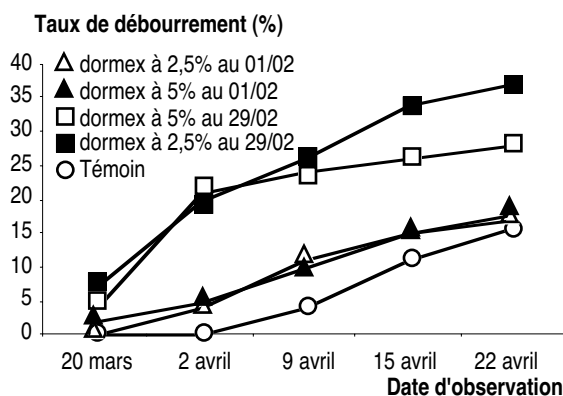
Le taux de débourrement final observé à la date du 22 avril 1996 classé par ordre croissant est de :

88 % pour les arbres traités le 29 février à 5%.  
 79 % pour les arbres traités le 29 février à 2,5%.  
 77 % pour les arbres traités le 1<sup>er</sup> Février à 5 %.  
 69 % pour les arbres traités le 1<sup>er</sup> Février à 2,5%.  
 45 % pour les arbres témoins.

L'analyse de la variance a montré des différences significatives des traitements à différentes dates sur le taux de débourrement des bourgeons totaux pour la première et la deuxième date d'observation. Le taux de débourrement des arbres traités est supérieur à celui du témoin pour la deuxième date d'observation. Cette différence entre dates s'est atténuée avec la progression du cycle.

### 2.1.2. Débourrement des bourgeons végétatifs

Les résultats de l'évolution du taux de débourrement sont reportés dans la figure 4. La cyanamide a amélioré le débourrement des bourgeons végétatifs pour les trois premières dates d'observations indiquant une précocité induite par cette substance. Pour les deux dernières dates d'observations (15/4 et 22/4), seuls les traitements tardifs ont montré une nette amélioration du taux de débourrement par rapport au témoin. Ainsi, le taux de débourrement final des bourgeons végétatifs n'a été amélioré que par les traitements appliqués à la deuxième date (29/2).



**Figure 4. Effets de la cyanamide d'hydrogène sur le débourrement des bourgeons végétatifs de la variété du pommier "Golden Delicious" dans les conditions climatiques de Meknès**

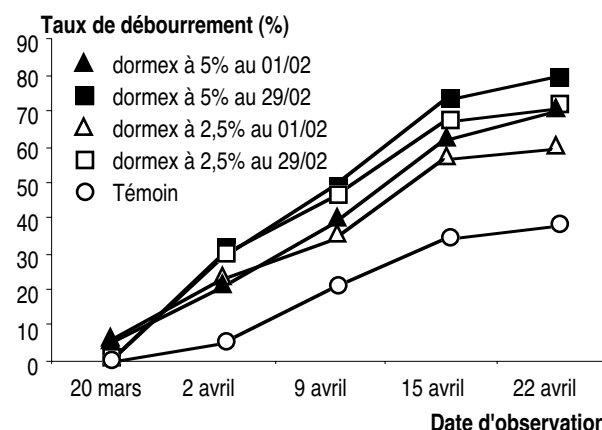
Au début de débourrement, l'analyse de la variance a montré l'existence d'une différence très hautement significative entre le taux de débourrement des arbres traités à différentes dates et à différentes doses. Le test de Newman & Keuls a permis de distinguer quatre groupes homogènes :

- cyanamide à 5 % appliqué le 29/2 ;
- cyanamide à 2,5% le 29/2 ;
- cyanamide à 5 % le 01/02 ;
- cyanamide à 2,5 % le 1/2 et témoin.

À la fin du débourrement, l'analyse de la variance a montré une différence significative entre les dates, mais pas entre les doses. La cyanamide appliquée le 29/2 a donné un débourrement final nettement supérieur à celui induit par l'application de la même substance 4 semaines plus tôt (1/2). En effet, l'amélioration apportée par l'application précoce a varié entre 13 et 20% contre 65 et 118% pour la deuxième date. Ainsi, il semble que la date optimale d'application de la cyanamide se situe entre 4 et 6 semaines avant le débourrement naturel.

### 2.1.3. Débourrement des bourgeons floraux

Les résultats du taux de débourrement des bourgeons floraux sont reportés dans la figure 5.



**Figure 5. Effets de la cyanamide d'hydrogène sur le débourrement des bourgeons floraux de la variété du pommier "Golden Delicious" dans les conditions climatiques de Meknès**

Le produit a avancé et a amélioré de manière significative le débourrement des bourgeons floraux par rapport au témoin. En effet, le taux de floraison du témoin n'a pas dépassé 40%, mais il a varié de 60 à 80% sur les arbres traités.

### 2.1.4. Précocité du débourrement

La précocité de débourrement engendrée par les différents traitements est exprimée par rapport au témoin en prenant comme repère la date du débourrement maximal de ce dernier (Tableau 1).

**Tableau 1. Nombre d'heures de froid déterminé à l'aide de l'équation d'Aron (1) et la méthode de sommation des heures de températures inférieures à 7,2°C (2) dans la région de Meknès**

Campagnes	Novembre		Décembre		Janvier		Février		Mars		Total	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
68/69	0	0	275	182	58	0	28	77	14	0	375	259
69/70	0	23	218	182	47	66	140	68	76	50	481	389
70/71	96	0	220	162	129	206	116	127	111	61	672	556
71/72	4	0	201	149	239	193	166	163	122	15	732	390
72/73	0	0	191	136	229	152	194	110	90	117	704	515
73/74	18	0	174	126	192	134	152	34	162	46	698	340
74/75	57	33	170	0	175	242	96	69	111	72	609	416
75/76	95	0	38	0	283	69	126	8	124	0	666	77
76/77	33	0	151	0	132	105	89	0	9	7	278	112
77/78	7	0	166	91	157	0	27	0	78	43	435	134
78/79	28	0	206	199	59	133	77	75	107	20	477	427
79/80	12	0	56	0	175	245	124	149	83	0	450	394
80/81	0	0	44	238	290	93	181	80	1	0	516	411
81/82	20	0	272	141	14	167	124	97	59	0	489	278
82/83	0	0	84	113	206	283	145	113	0	14	435	528
Moyenne	25	4	164	115	159	139	119	78	77	30	535	348

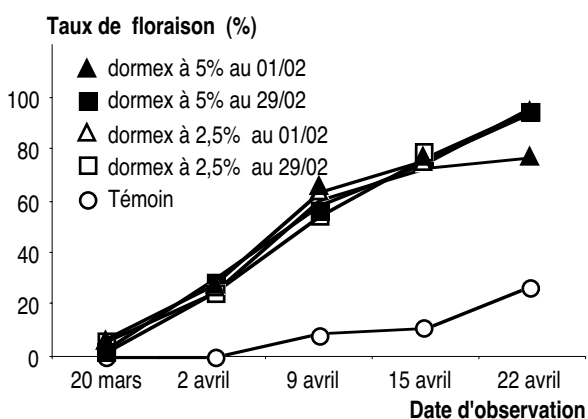
La précocité du débourrement a varié avec la date et la dose de la cyanamide de 10 à 28 jours pour les bourgeons végétatifs, de 15 à 22 jours pour les bourgeons floraux et de 16 à 28 jours pour les bourgeons totaux.

La précocité était plus importante pour les traitements du 29 février pour les deux doses (2,5 % et 5%). En effet, les traitements tardifs ont entraîné un avancement de 3 semaines pour les bourgeons floraux et totaux et de 4 semaines pour les bourgeons végétatifs contre seulement 1,5 semaines et 2 semaines pour les traitements précoces. Les traitements tardifs sont donc plus efficaces que les traitements précoces pour l'avancement du débourrement des bourgeons végétatifs et floraux.

## 2.2. Floraison

### 2.2.1. Évolution du taux de floraison

L'évolution du taux de floraison est reportée dans la figure 6. L'application de la cyanamide d'hydrogène agit sur la période de floraison, qui est avancée par rapport au témoin. Pour les dates d'observations des 2/4, 9/4 et 17/4, l'analyse statistique a révélé une différence très hautement significative entre les arbres traités et le témoin. Aucune différence significative n'a été révélée entre les dates.



**Figure 6. Effets de la cyanamide d'hydrogène sur le taux de floraison de la variété du pommier "Golden Delicious" dans les conditions climatiques de Meknès au Maroc**

Les meilleurs taux de floraison finaux (95% et plus) ont été enregistrés pour les deux doses appliquées le 29 février et la forte dose (5%) au 1<sup>er</sup> février. La cyanamide à 2,5% appliquée le 1<sup>er</sup> février a donné un taux de débourrement inférieur (77%), mais nettement supérieur à celui du témoin.

Les arbres témoins ont donné un taux de floraison faible (27 à 29%). Ils ont manifesté, en outre, une chute des bourgeons floraux plus importante que les arbres traités. Les chutes de bourgeons floraux



chez les arbres témoins seraient le résultat des nécroses de fleurs dues au manque de froid hivernal.

### 2.2.2. Précocité de floraison

L'avancement de la floraison des arbres traités à la cyanamide d'hydrogène est net, avec une anticipation d'environ 2 semaines sur le témoin (Tableau 2).

**Tableau 2. Effet du Dormex sur le taux de débourrement des bourgeons totaux chez la variété du pommier "Golden Delicious" dans les conditions climatiques de Meknès**

Dates	Dormex (%)	Date d'observation				
		20/3	2/4	9/4	15/4	22/4
1/02	0	0 c	2 c	29 d	43 c	45 c
	2,5	7 b	24 b	49 bc	56 b	69 b
	5	7 b	28 b	60 ab	69 ab	77 ab
29/02	0	0 c	4 c	39 c	45 c	47 c
	2,5	13 a	44 a	67 a	76 a	79 ab
	5	18 a	49 a	73 a	78 a	88 a

Le suivi de l'évolution de l'épanouissement des fleurs observé régulièrement toutes les semaines depuis le 25 mars jusqu'au 22 avril a révélé que la floraison chez les arbres traités est relativement plus avancée que celle des témoins.

Au stade F<sub>2</sub>, à 50% d'ouverture de fleurs (pleine floraison), les écarts par rapport aux témoins obtenus par les traitements précoces sont de 14 jours à la dose de 2,5% et de 17 jours à 5%. Cette précocité est de 14 jours chez les arbres traités tardivement (29 février).

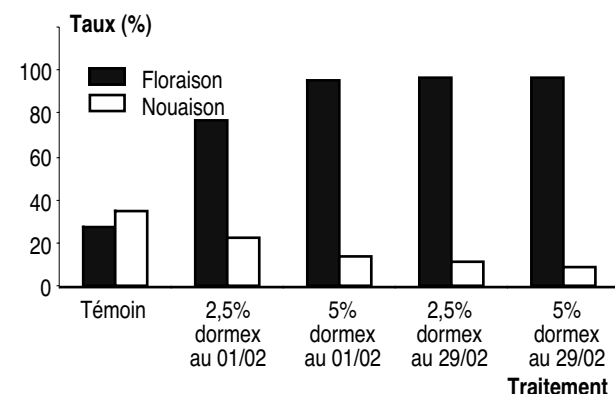
Par ailleurs, la variété pollinisatrice (Top Red) a été traitée à la cyanamide d'hydrogène de la même façon (même date et même dose) que celle de "Golden Delicious". Cette procédure a permis de maintenir la concordance des époques de floraison des deux variétés en vue d'une pollinisation croisée efficace.

### 2.3. Nouaison

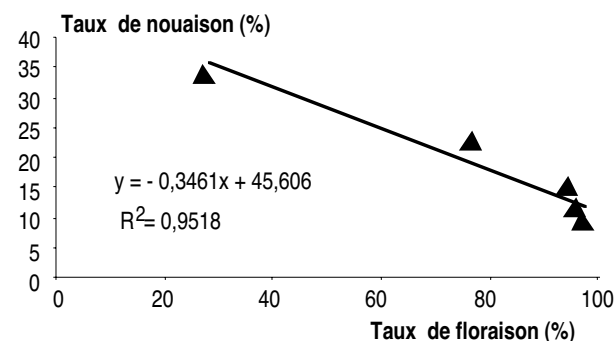
Les taux de nouaison pour les différents traitements sont reportés dans la figure 7.

L'analyse de la variance a montré qu'il n'existe pas d'interaction entre la date et la dose d'application

du Dormex. Il existe une différence très hautement significative entre les arbres traités et le témoin. Le Dormex semblerait agir de manière négative sur la nouaison. En effet, le taux de nouaison chez le témoin est significativement plus élevé que les taux de nouaison chez les arbres traités au Dormex. Cet effet, négatif apparent du Dormex sur la nouaison, serait lié à la relation inverse existant entre les taux de floraison et de nouaison (Figure 8). Il pourrait être également dû à l'effet éclaircissant de la cyanamide.



**Figure 7. Effets de la cyanamide d'hydrogène sur les taux de floraison et de nouaison de la variété du pommier "Golden Delicious" dans les conditions climatiques de Meknès**



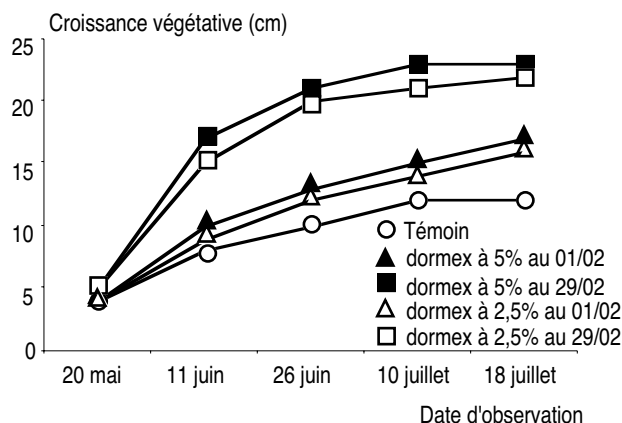
**Figure 8. Relation entre les taux de floraison et de nouaison de la variété du pommier "Golden Delicious" dans les conditions climatiques de Meknès**

### 4. Croissance végétative

L'évolution de la longueur des pousses apicales en fonction du temps est reportée dans la figure 9.

La croissance des arbres témoins est plus faible que celle qui est observée chez les arbres traités à la cyanamide d'hydrogène pour toutes les dates et les doses de traitement. Par ailleurs, cette croissance varie avec la date et la dose

d'application. Les traitements tardifs (29 février) ont induit la croissance la plus élevée (23 cm), suivis du traitement en début février avec 16 à 17 cm et en dernier le témoin avec 11 et 12 cm.



**Figure 9. Effets de la cyanamide d'hydrogène sur la croissance végétative de la variété du pommier "Golden Delicious" dans les conditions climatiques de Meknès**

## 2.5. Nombre de fruits et rendement

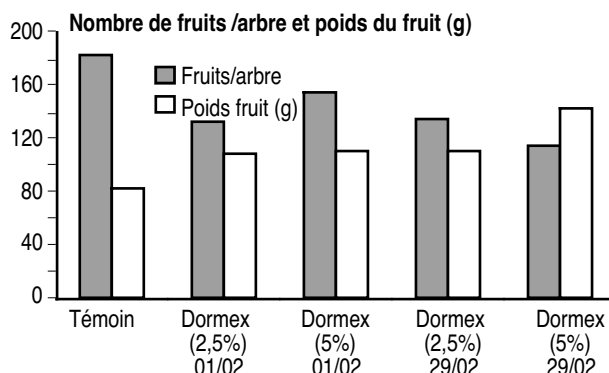
Au cours de la période de nouaison et du développement du fruit, une chute physiologique assez prononcée notamment sur les arbres traités a été observée. Elle pourrait être attribuée principalement aux perturbations des conditions climatiques (alternance des coups de froid à la fin d'avril avec des coups de chaleurs à la mi-mai) et éventuellement à un effet éclaircissant du produit. L'éclaircissage manuel a été effectué la deuxième semaine de juin. Cette opération n'a pratiquement pas touché les arbres traités. En effet, le nombre de fruits par arbre traité a été naturellement de deux à trois fruits par corymbe.

L'analyse de la variance a montré que le nombre moyen de fruits par arbre est plus élevé chez les témoins (182 fruits) que chez les arbres traités (Figure 10). Sur ces derniers, la cyanamide à 5% appliquée le 1<sup>er</sup> février a produit le plus grand nombre de fruits par arbre (154 fruits) alors que la même dose appliquée 4 semaines plus tard n'a donné que 113 fruits/arbre.

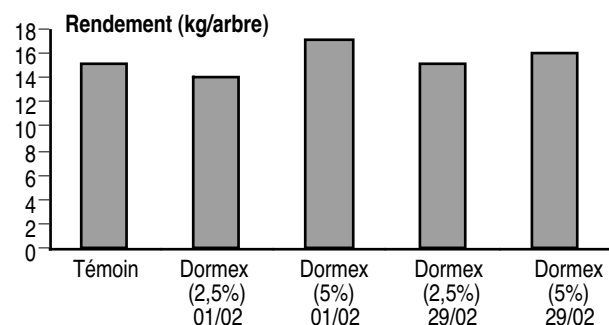
Cependant, la différence au niveau du nombre de fruits entre le témoin et les arbres traités ne s'est pas répercutée au niveau du rendement (Figure 11). En effet, l'analyse statistique a montré l'absence de différence significative entre les arbres traités et le témoin. Des résultats similaires ont été rapportés sur vigne (Merlot) où

l'application de la cyanamide n'a influencé ni le rendement, ni les sucres, ni l'acidité (Murisier, 1990).

L'absence de différence entre le rendement en dépit de la différence importante existante entre le nombre de fruits traités et le témoin est expliqué par la nette différence de calibre et, par conséquent, le poids des fruits sur arbres traités (Figure 10). En effet, la réduction du nombre de fruits par arbre induite par le dormex a été compensée par son effet positif sur le calibre du fruit (Figure 11).



**Figure 10. Effets de la cyanamide d'hydrogène sur le nombre et le poids du fruit de la variété du pommier 'Golden Delicious' dans les conditions climatiques de Meknès**



**Figure 11. Effets de la cyanamide d'hydrogène x sur le rendement (kg/arbre) de la variété du pommier "Golden Delicious" dans les conditions climatiques de Meknès**

## CONCLUSION

Le calcul des températures basses (<7,2°C) à l'aide de la méthode d'Aron et de la méthode de sommation des heures de températures inférieures à 7,2°C (45°F) a révélé l'insuffisance en froid, dans la région de Meknès, comparativement aux exigences de la variété du pommier "Golden

Delicious". Cette insuffisance induit généralement un retard et une faiblesse dans la levée de dormance des bourgeons. Pour remédier à ce problème, on a parfois recours aux produits chimiques susceptibles d'atténuer le manque en froid en zones à hivers doux. Les traitements effectués à la cyanamide d'hydrogène ont avancé le débourrement. L'application du 29 février a agi essentiellement sur la précocité du débourrement. Elle a augmenté le pourcentage de ce dernier et a légèrement hâté la floraison et la croissance végétative.

Cependant, le taux de nouaison des arbres traités était inférieur à celui du témoin. Ceci pourrait être dû à un manque de pollinisation lié à la précocité de floraison, mais surtout aux taux de floraison élevés induits par le produit et la relation inverse existante entre les deux paramètres et probablement à un effet éclaircissant de la cyanamide.

Le rendement quantitatif n'a pas été influencé par la cyanamide, contrairement au calibre et au poids des fruits qui étaient nettement améliorés par rapport au témoin.

Ainsi, malgré le nombre de fruits faible chez les arbres traités, les rendements en terme de poids ne diffèrent pas significativement entre les arbres traités et le témoin.

La réduction du taux de nouaison en plus d'une chute physiologique importante s'est répercutée sur le nombre de fruits par arbre sans pour autant affecter le rendement. Ceci illustre l'effet bénéfique du Dormex sur le calibre du fruit.

## RÉFÉRENCES CITÉES

- Ben Ismail M. C. (1981) Contribution à l'étude de la dormance des bourgeons et de l'effet de leur forçage chez le pommier cv : Reine des Reinettes et Golden Delicious dans le Gharb. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 95 p.
- Chandler W.H. & Brown D.S. (1951) Deciduous orchards in California winters. *Cal. Agr. Ext. Ser. Cir.* 179
- Childers N.F. (1976) Modern fruit science. Horticultural publications. New Jersey, 970 p.
- Diaz D.H., A. Alvarez & J. Sandoval (1987) Cultural and chemical practices to induce uniform bud break of peach and apple under warm climates in Mexico. *Acta Horticulturae* 199 : 99-136
- El Moatamid M. (1983) Effet de la défoliation manuelle, de l'acide gibbérélique, de la promaline et de la 6-benzyladénine sur la substitution du besoin en froid et la production du pommier "Golden Delicious" dans les conditions du Gharb. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 82 p.
- Erez A. & Lavee S. (1971) The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96 :711-714
- Erez A. & Zur A. (1981) Breaking the rest of apple buds by narrow-distillation-range oil and dinitro-o-cresol. *Scientia Horticulturae* 14 :47-54
- Erez A. (1987) Chemical control of bud break. *HortScience* 22 :1240-1243
- Finetto G.A. (1993) The effect of hydrogen cyanamid on breaking endo-dormancy of mid-chilling apple cultivars in Yemen during two years. *Acta Horticulturae*, 329 :268-270
- George A.P., Loyd J.P. & Nissen R.J. (1992) Effects of hydrogen cyanamid, paclobutrazol and pruning date on dormancy release of the low chill peach cultivar 'Flordaprince' in subtropical Australia. *Australian J. Exp. Agri.* 32 :89-95
- Hakam M.M. (1989) Effets de la cyanamide d'hydrogène et du DNOC + huile de pétrole sur la levée de dormance des bourgeons de pommier cv : Golden Delicious dans la région du Gharb. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 72 p.
- Jose-Luiz P. (1989) L'interruption de dormance de pommier. *BASF informations agricoles* 2 : 17-20
- Kuori Shraish Y. & Imano S. (1963) Studies on breaking the dormancy of grapevine : effect of time nitrogen treatments for shortening the rest period of glasshouse grown grapevine. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 32 :175-180
- Mahhou A., Taoura M. & Walali Loudiyi D.E. (1990) Effects of Dinitro-Ortho-Cresol (DNOC) and Oil on Bud Break of "Golden Delicious" Apple in the Saiss Area of Morocco. *Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc)* 10 (3) : 27-32
- Mahhou A. & Hakam M. (1993) Effets de la cyanamide d'hydrogène sur la levée de dormance de la variété de pommier (*Malus domestica* L.) 'Golden Delicious' dans la région du Gharb. *Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc)* 13 (4) : 13-19
- Mahhou A. & Hakam M. (1995) Effets du mélange dinitro-ortho-crésol - huile de pétrole sur la levée de dormance du pommier (*Malus domestica* L.) dans la région du Gharb. *Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc)* 15 (4) : 37-42

- Shulman Y., Nir G. , Franberstein L. & Lave S. (1983) The effect of cyanamid induced bud break and phytotoxicity in Redhaven peach buds. *HortScience*. 27 :874-876
- Snir I. (1983) Chemical dormancy breaking of red Raspberry. *HortiScience*. 18 :710-713
- Snir I. & Erez A. (1988) Bloom advancement in sweet cherry by hydrogen cyanamid. *Fruit Varietal J.* 42 : 120-122
- Taoura M. (1986) Etude des effets de la levée artificielle de dormance chez le pommier "Golden Delicious" dans la région du Saïss : utilisation du DNOC et de l'huile de pétrole. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 104 p.
- Taylorson R.B. & Hendricks S.B. (1977) Dormancy in seed. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28 :331-354
- Walker D.R. & Seeley S.D. (1973) The rest mechanism in deciduous fruit trees as influenced by plant growth substances. *Acta Horticulturae*, 34 :235-239
- Williams W.T. & Tax Tzoc B.A. (1990) Preliminary observations of the effects of hydrogen cyanamid on breaking dormancy and harvest of apples in Guatemala. *Acta Horticulturae* 279 : 399-408